

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-191585

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月13日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/68
21/027

識別記号

F I

H 0 1 L 21/68
21/30

G

5 0 8 Z

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-359807

(22) 出願日 平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 伊藤 浩司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 是永 伸茂

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

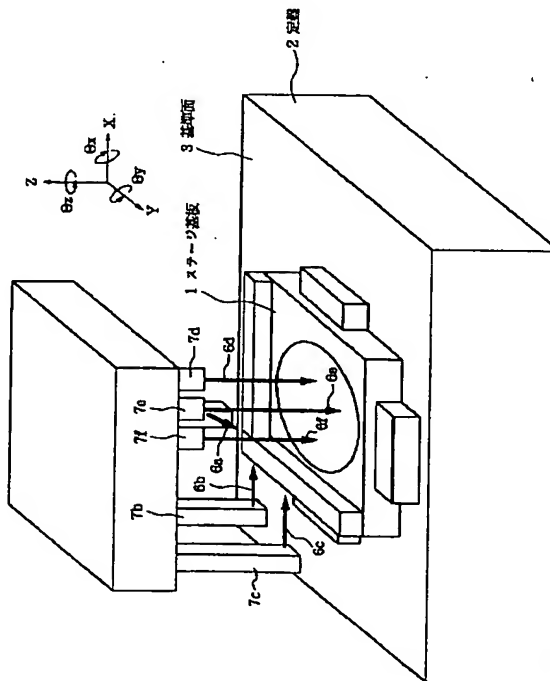
(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

(54) 【発明の名称】 ステージ装置、およびこれを用いた露光装置、ならびにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 6自由度の位置を制御可能なステージで、簡単な構成により、機械系の共振点を高くし、サーボ帯域の広い、高速・高精度なステージ装置を提供する。

【解決手段】 電磁石とエアパッドによりステージのチルト方向の位置決めを行い、ガイドレスモータにより定盤の基準面内方向の位置決めを行い、ステージの本体を一枚の基板で構成するモノリシック構造とした。



【特許請求の範囲】

- 【請求項1】 基準面を有する定盤と、
該基準面の上で移動するステージと、
該基準面と該ステージとの間に間隙をつくる複数の静圧軸受と、
該ステージと該基準面の間に予圧を発生する複数の予圧手段と、
該ステージを該基準面内方向に駆動するための複数のガイドレスモータと、を有することを特徴とするステージ装置。
- 【請求項2】 前記ステージは前記基準面内に移動可能であり、かつモノリシック構造であることを特徴とする請求項1記載のステージ装置。
- 【請求項3】 前記複数とは3個以上であることを特徴とする請求項1または2記載のステージ装置。
- 【請求項4】 前記予圧手段は電磁石を有することを特徴とする請求項1～3いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項5】 前記ガイドレスモータは前記定盤を固定子とする誘導モータであることを特徴とする請求項1～4いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項6】 前記定盤は、伝導性の層と、その下に磁性体の層を有することを特徴とする請求項5記載のステージ装置。
- 【請求項7】 前記ガイドレスモータは前記定盤を固定子とする平面パルスモータであることを特徴とする請求項1～4いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項8】 前記ステージにおいて、前記基準面に垂直方向と前記基準面内に軸を持つ回転方向の位置を測定する垂直位置測定手段を備えたことを特徴とする請求項1～7いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項9】 前記基準面と前記ステージとの間の間隙を測定する間隙測定手段を備えたことを特徴とする請求項1～8記載のステージ装置。
- 【請求項10】 前記静圧軸受と前記予圧手段の少なくとも一方を制御する制御装置を備え、前記基準面に垂直方向と前記基準面内に軸を持つ回転方向の位置を制御することを特徴とする請求項1～9いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項11】 前記予圧手段を制御する制御装置を備え、前記基準面に垂直方向と前記基準面内に軸を持つ回転方向の位置を制御することを特徴とする請求項1～9いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項12】 前記予圧手段の電流指令値は、一定のオフセット値と制御指令値の和を利用することを特徴とする請求項11記載のステージ装置。
- 【請求項13】 前記ステージにおいて、前記基準面内方向の位置を測定する面内位置測定手段を備えたことを特徴とする請求項1～12いずれか記載のステージ装置。
- 【請求項14】 前記モータを制御する制御装置を備

え、前記基準面内方向の位置を制御することを特徴とする請求項1～13いずれか記載のステージ装置。

【請求項15】 前記制御装置は前記測定手段の測定結果に基づき出力を行うことを特徴とする請求項11、12または14記載のステージ装置。

【請求項16】 前記測定手段の測定結果に基づき前記モータの発生推力の変動を推定し、前記モータの推力指令値と前記予圧手段の予圧力の少なくとも一方を制御することを特徴とする請求項15記載のステージ装置。

【請求項17】 請求項1～16いずれか記載のステージ装置を備え、該ステージ装置で保持した部材に露光を行うことを特徴とする露光装置。

【請求項18】 請求項17記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は工作物を載置し位置決めを行うステージ装置、特に半導体露光装置に好適に使用されるステージ装置の技術分野に属する。また、このようなステージ装置を用いた露光装置、この露光装置を用いた半導体デバイスなどのデバイスを製造するデバイス製造方法の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】図10に従来の半導体露光装置のウエハステージの構成概略図を示す。なお、以下では基準座標系に対する並進3軸（X、Y、Z方向）と並進3軸の各軸回りの回転3軸（ θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）を合わせて6自由度位置と呼ぶことにする。

【0003】41は定盤で、床Fからダンパを介して支持されている。43はYステージで、定盤41に固定された固定ガイド42に沿ってY方向に推力を発生するYリニアモータ46により、定盤41の基準面上をY方向に移動可能である。定盤41及び固定ガイド42とYステージ43との間には静圧軸受であるエアパッド44a～cを介してエアで結合されており非接触である。Yステージ43はX方向のガイドを備えており、Yステージ43に搭載されたXステージ45をX方向に案内する。また、Yステージ43にはX方向に力を発生するXリニアモータ固定子が設けられ、Xステージ45に設けられたXリニアモータ可動子と共に、Xステージ45をX方向に駆動させる。定盤41及びXガイドとXステージ45との間には静圧軸受であるエアパッドを介してエアで結合されており、非接触である。

【0004】Xステージ45にはチルトステージ48が載置されている。チルトステージ48は不図示のモータによる推力でZ方向の移動と回転3軸（ θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）方向の回転を行う。チルトステージ48上にウエハチャックを備えたステージ基板51が載置され、被露光体であるウエハ53を保持する。また、ステージ基板上にはX方向及びY方向の位置計測に用いる計測ミラー

49が設けられる。

【0005】半導体露光装置のステージ装置は定盤の基準面に対して面内方向(X 、 Y 、 θ_z)および垂直方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の6自由度位置の位置決めを行い、1チップ分の露光を行う。面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の位置の計測は不図示のレンズ鏡筒と一体であるレーザ干渉計50を用いて測定され、チルト方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の計測はレンズ鏡筒と一体のアライメント計測系(不図示)によりZ方向の位置と回転成分の角度が計測される。

【0006】図ではレンズ鏡筒(不図示)と定盤は一体であると仮定して、レーザ干渉計50は定盤に接続されている。また、Z方向の計測器は省略したが、ステージ基板もしくはウエハの3点をレンズ鏡筒から計測することによりチルト方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の計測が可能である。

【0007】これらの6軸方向への位置決めは各軸にサーボ系を構成することにより達成される。レーザ干渉計の位置情報をもとに補償器でステージのX方向、Y方向のアクチュエータであるY方向のリニアモータとX方向のリニアモータへの駆動指令値を演算し、各々Xステージ、Yステージを駆動する。Z方向の位置と回転方向(θ_x 、 θ_y)の角度と前記の θ_z 方向の計測値に応じて、補償器でチルトステージのアクチュエータへの駆動指令値を演算し、チルトステージを駆動する。

【0008】このようにステージは基準点であるレンズ鏡筒に対し並進3軸(X 、 Y 、 Z)と、回転3軸の6自由度位置を任意の位置に制御可能であり、精密な位置決めを行うことができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】半導体露光装置のステージ装置においては、露光する線幅の解像度が高いため、その位置決め精度が高いことが要求される。また、半導体露光装置は生産設備であるから生産性の観点からスループットが高いことも要求される。この要求を満たすためにはステージのサーボ系の応答性が高く、かつ高速で移動できることが必要である。サーボ系の応答性を高くするためには、ステージの機械系の剛性が高いことが必要である。ステージの剛性が低いとサーボ系の帯域を上げることができず、目標位置に対してすばやく応答することができないためスループットが低下する。また、サーボ系の帯域が低い場合には外乱に対する抑圧性能も低下するため、高精度の位置制御ができなくなる。

【0010】前記の従来例のステージでは、ステージ装置全体を支える定盤、Y方向の移動を行うYステージ、X方向の移動を行うXステージ、チルト方向の移動を行うチルトステージ、ウエハを保持するステージ基板等から成り、それぞれのステージが積層された構成になっているため、機械的な剛性が低下する。また、これらの間を結合するエアの部分の剛性と構成部の質量により定ま

る共振点ができる。従ってステージ系はこの共振点によりサーボ帯域が制約され、応答性を上げることができない。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の解決すべき課題を解決するため本発明は、基準面を有する定盤と、該基準面の上で移動するステージと、該基準面と該ステージとの間に間隙をつくる複数の静圧軸受と、該ステージと該基準面の間に予圧を発生する複数の予圧手段と、該ステージを該基準面内方向に駆動するための複数のガイドレスモータと、を有することを特徴とするステージ装置である。また、ステージは基準面内に移動可能であり、かつモノリシック構造であると良い。

【0012】また、複数とは3個以上であることが望ましく、前記予圧手段は電磁石を有することが好ましい。

【0013】また、前記ガイドレスモータは定盤を固定子とする誘導モータであることが望ましく、この場合、定盤は伝導性の層と、その下に磁性体の層を有することが好ましい。また、ガイドレスモータは平面バルスモータでも良い。

【0014】前記ステージにおいて、前記基準面に垂直方向と前記基準面内に軸を持つ回転方向の位置を測定する垂直位置測定手段を備えることが望ましく、また、前記基準面と前記ステージとの間の間隙を測定する間隙測定手段を備えても良い。

【0015】前記静圧軸受と前記予圧手段の少なくとも一方を制御する制御装置を備え、前記基準面に垂直方向と前記基準面内に軸を持つ回転方向の位置を制御することが好ましく、特に、前記予圧手段を制御する制御装置を備えると良い。

【0016】また、前記ステージにおいて、前記基準面内方向の位置を測定する面内位置測定手段を備えることが望ましく、前記モータを制御する制御装置を備え、前記基準面内方向の位置を制御するればなお良い。

【0017】なお、前記制御装置は前記測定手段の測定結果に基き出力を行うことが好ましく、また、前記測定手段の測定結果に基き前記モータの発生推力の変動を推定し、前記モータの推力指令値と前記予圧手段の予圧力の少なくとも一方を制御しても良い。

【0018】また、本発明は、上記ステージ装置を用いた露光装置も含まれる。さらに、この露光装置を用いたデバイス製造方法も本発明の範疇に含まれる。

【0019】

【発明の実施の形態】＜実施形態1＞図1に本発明のステージ装置の構成概略図を示す。1はステージ基板である。2は定盤で、不図示のダンパに支持されている。また、7a～fはステージの6自由度の位置を定めるため少なくとも6個の位置を計測する計測手段である。面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の位置の計測はレンズ鏡筒と一体であるレーザ干渉計(面内位置測定手段)7a～cを用

いて測定され、基準面に垂直方向と基準面内に軸を持つ回転方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)のチルト方向の計測はレンズ鏡筒と一体のアライメント計測計(垂直位置測定手段)7d~fによりZ方向の位置と回転成分の角度が計測される。

【0020】図2に本発明のステージ本体となるステージ基板の構成を示す。1はステージ基板本体である。図のようにステージを一枚の基板で構成するモノリシック構造としている。この基板の上面には、水平方向の位置を検出するレーザ干渉計7a~cのレーザビームを反射するミラー4とウエハを保持するためのウエハチャック5がある。ステージ基板1の下面にはエアを排出し定盤の基準面とステージとの間に間隙を作るための静圧軸受としてのエアパッド17~19と、ステージと基準面の間に予圧を発生するための予圧手段としての電磁石14~16がある。そのため、定盤2は電磁石に吸着するように鉄などの磁性体でできている。図ではエアパッドと電磁石がほぼ同位置に配置されているが、エアパッドと電磁石の配置はこれに限るものではない。

【0021】また、ステージ基板1の4つの側面にはステージの駆動を行うためのガイドレスモータとしての誘導モータの可動子10~13がある。この場合、定盤は固定子の役割を果たす。

【0022】また、本実施形態において、ステージ基板1に設けられた4つの誘導モータ10~13のうち、対向する2つの誘導モータ(例えば10と12)をそれぞれ逆方向に駆動すれば、定盤2の基準面3に垂直方向を軸とする回転方向(θ_z)の駆動を行うことができる。つまり、複数の誘導モータを駆動することで、ステージ基板1を定盤2の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)に位置決めを行うことができる。

【0023】誘導モータを用いて定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)にステージ基板を駆動するため、誘導モータは3個以上あることが望ましい。また、本実施形態のように4個備えても良いが、誘導モータの数はこれに限るものではない。

【0024】また、前述したように定盤2の材質は鉄などの磁性体を用いている。これは、電磁石14~16に電流を流して吸引力が発生するためには定盤の材質が磁性体である必要があるためである。一方、定盤2の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の推力を発生する誘導モータに対しては、定盤2は固定子の役割を果たすため導体である必要がある。導体としては、電流を流す必要からできるだけ電気抵抗の小さい伝導性の素材が望ましい。このため定盤2の表面の層はアルミニウム等の電気抵抗の小さい伝導性の素材とし、その下の層は磁性体を用いて定盤を構成するのが望ましい。しかし、定盤の材質としてはこれに限るものではない。このような構成により、定盤の誘導モータに必要な電流を小さくできるため、エネルギー効率の良い、発熱の小さなステージ装置を構成

できる。

【0025】図3に本発明のステージ装置のサーボ系の構成を示す。この図のサーボ系の動作を説明する。

【0026】まず、基準位置の座標系に対する6軸(X 、 Y 、 Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z)の目標位置指令値(21d~26d)が与えられる。また、基準位置の座標系から測定された6個のステージ位置情報(6a~6f)は非干渉化補償器27により6自由度の座標系の現在位置(21e~26e)に変換される。目標位置指令値と基準位置から測定された現在位置との差(21c~26c)を求め、補償器(21b~21f)に入力する。補償器は通常PID補償器が用いられる。ここで6軸の推力を求め、この推力と非干渉化補償器20からアクチュエータへの指令推力を求める。

【0027】定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の推力は誘導モータ可動子10~13に電流を流すことにより発生する。誘導モータ可動子に流す電流(10a~13a)は目標推力より求められ、ドライバ(10b~13b)により供給される。基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)の推力は電磁石(14~16)とエアパッド(17~19)により制御する。このとき定盤2の基準面3から離れる方向の推力はバルブ(17b~19b)を介してエア(17a~19a)の圧力や流量で制御し、基準面3に向かう方向の推力はドライバ(14b~16b)を介して電磁石に電流(14a~16a)を供給することにより制御する。

【0028】基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)にステージ基板の位置を制御するため、電磁石及び静圧軸受は3個以上であることが望ましく、特に3個に限るものではない。

【0029】ブロック(14d~16d)は目標推力の正負により電磁石とエアパッドのどちらを駆動するかを判別する垂直方向推力判別器である。垂直方向推力判別器(14d~16d)により求められた目標推力がステージ定盤に向かう方向の場合には、ドライバ(14b~16b)により電流(14a~16a)を電磁石(14~16)に供給し、ステージ基板1を駆動する。また、目標推力が定盤から離れる方向の場合には、バルブ(17b~19b)を介してエア(17a~19a)が供給され、ステージ基板1を駆動する。推力を印可されるとステージ1は移動し、この位置が測定器により測定される。測定位置がフィードバックされ同じ動作が繰り返される。

【0030】本実施形態により、ステージ基板に設けたエアパッド(静圧軸受)及び電磁石(予圧手段)から発生する推力を制御することにより、定盤の基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)にステージ基板の位置決めを行うことができる。これにより、従来と比べ、簡単な構成で被露光体であるウエハのZ・チルトの位置決めを行うことができ、ステージ装

置の軽量化・小型化を図ることができる。

【0031】これと共に、定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)のステージ基板の駆動に誘導モータを用いたことで、ステージ基板をモノリシック構造で6軸方向(X 、 Y 、 Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z)に移動可能となった。これにより、従来の積層構造のステージ装置が改善され、ステージ装置の剛性を高めることができ、サーボ系の応答を高め、目標位置に対してすばやく応答することができる。このため、高速、高精度なステージ装置の実現が可能となる。

【0032】また、定盤の表面の層をアルミニウム等の電気抵抗の小さい素材とし、その下の層は磁性体を用いて定盤を構成したので、定盤の誘導モータに必要な電流を小さくできる。これにより、エネルギー効率の良い、発熱の小さなステージ装置を構成できる。

【0033】＜実施形態2＞前述の実施形態では定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の駆動に誘導モータを用いていた。本実施形態でも、前述のステージ装置と同様にステージ基板の4つのガイドレスモータを設けるが、本実施形態ではガイドレスモータとして平面パルスモータを用いる。

【0034】ステージ装置の構成は前述の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0035】平面パルスモータの駆動原理を図4に示す。図は一般的な平面パルスモータの駆動原理である。

【0036】まず、ピッチPの固定歯8が設けられる。これは本実施形態では定盤2の上面に設けられる。平面羽するモータの可動子は永久磁石9a、可動歯9b1、可動歯9b2、各可動歯に巻き回されたコイル9c1、9c2からなる。可動歯9b1、9b2は各々1.5P離れた(ピッチPを基準とする電気角で180度離れた)一對の小歯で構成される。また、可動歯9b1、9b2は図のように着磁された永久磁石9aにより結合される。可動歯9b1と可動歯9b2の位置関係は互いに4.25P(電気角で90度)ずれている。また、可動歯9b1、9b2の各々においてコイル9c1、9c2は2個の小歯に対して逆相になるように巻き回され、2個の小歯の一方を鉛直上向きに、もう一方を鉛直下向きに磁化するようになっている。

【0037】この構成において図に示す順にコイル9c1、9c2を順に励磁して永久磁石8の磁束の流れが順次振り分けられて一方向にパルスモータ可動子が移動する。図では電流変化を4段階とするパルスモータの原理を示したが、実際は電流波形を正弦波状にして4つのステップを連続的に推移させることにより同期モータとして動作させ、連続的な移動を行うようになっている。また、図では1次元の動作を示したが、実際は定盤2に設けられた固定歯8はくし状ではなく、格子状に設けられ、XY方向に動作ができるようになっている。

【0038】また、本実施形態において、ステージ基板

1に設けられた4つのパルスモータ10～13のうち、対向する2つのパルスモータ(例えば10と12)をそれぞれ逆方向に駆動すれば、定盤2の基準面3に垂直方向を軸とする回転方向(θ_z)の駆動を行うことができる。つまり、複数の誘導モータを駆動することで、ステージ基板1を定盤2の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)に位置決めを行うことができる。

【0039】パルスモータを用いて定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)にステージ基板を駆動するため、パルスモータは3個以上あることが望ましい。また、本実施形態のように4個備えても良いが、パルスモータの数はこれに限るものではない。

【0040】固定歯とモータ可動子との間に静圧軸受17～19からのエアの吹き出しがあるため、エアの流れを安定させるために固定歯の凹部には樹脂が埋め込まれて機械的には平坦で、磁気的には格子状の凹凸がある状態になっている。

【0041】サーボ系に関しては前述の第1実施形態と同様で、誘導モータのかわりに平面パルスモータを制御する。

【0042】本実施形態でも前述の実施形態と同様の効果が望め、ステージ基板に設けたエアパッド(静圧軸受)及び電磁石(予圧手段)から発生する推力を制御することにより、定盤の基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)にステージ基板の位置決めを行うことができる。これにより、従来と比べ、簡単な構成で被露光体であるウエハのZ・チルトの位置決めを行うことができ、ステージ装置の軽量化・小型化を図ることができる。

【0043】これと共に、定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)のステージ基板の駆動にパルスモータを用いたことで、ステージ基板をモノリシック構造で6軸方向(X 、 Y 、 Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z)に移動可能となった。これにより、従来の積層構造のステージ装置が改善され、ステージ装置の剛性を高めることができ、サーボ系の応答を高め、目標位置に対してすばやく応答することができる。このため、高速、高精度なステージ装置の実現が可能となる。

【0044】＜実施形態3＞前述のステージ装置においては静圧軸受のエアの制御によってステージ基板の上昇力を制御していたが、エアの制御によりステージ基板の上昇力や位置決めの制御を精密に行うことは困難である。これはエアの応答性が低いことに起因している。本実施形態では静圧軸受のエアを一定の上昇力発生のために用い、ステージ基板の上昇力、下降力や位置決めの制御は電磁石により行う。本実施形態の定盤基準面内方向の駆動はガイドレスモータとして誘導モータを用いても平面パルスモータを用いても良い。

【0045】一定の圧力または流量のエアを噴射しておきながら、電磁石にエアの上昇力と相殺するだけの予圧

力を発生させるために一定のオフセット電流を流し、釣り合う位置を垂直方向の原点とする。電磁石に流す電流指令値を前記のオフセット電流と制御指令値の和として表わすと、前記のステージ原点よりステージ基板を下降させる場合には制御指令値を負の値にし、逆に、ステージ基板を上昇させる場合には制御指令値を正の値にすることで垂直方向の推力を制御できる。本方式によればステージ基板の垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)の力の制御は電磁石によって調整可能であり、エアを制御する方式より応答性の高いステージ装置が実現可能である。また、エアの制御系も簡単で良いという利点もある。

【0046】図5に本発明の第2実施形態のサーボ系の構成を示す。

【0047】まず、基準座標系に対する6軸(X 、 Y 、 Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z)の目標位置指令値(21d~26d)が与えられる。また、基準座標系から測定された6個のステージ基板の位置情報(6a~6f)は非干渉化補償器27により6自由度の座標系の現在位置(21e~26e)に変換される。目標位置指令値と基準位置から測定された現在位置との差(21c~26c)を求め、補償器(21b~26b)に入力する。補償器は通常PID補償器が用いられる。ここで6軸の推力(21a~26a)を求め、この推力と非干渉化補償器からアクチュエータへの指令推力を求める。定盤の基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の推力は誘導モータ(または平面パルスモータ)可動子(10~13)に電流を流すことにより発生する。誘導モータ可動子に流す電流(10a~13a)は目標推力により求められ、ドライバ(10b~13b)により供給される。定盤の基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)の推力は電磁石(14~16)により制御する。定盤の基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)の推力の電流指令値(14a~16a)は、推力指令値(14e~16e)にオフセット電流(14h~16h)が加算され決定される。このとき、静圧軸受であるエアパッド(17~19)のエア(17a~19a)は、エアの指令値(17c~19c)により指定された一定の圧力または流量がバルブ(17b~19b)を介して供給される。

【0048】本実施形態のステージ装置では、静圧軸受のエアの供給を一定とし、定盤の基準面に垂直方向(Z)と基準面内に軸を持つ回転方向(θ_x 、 θ_y)の位置制御は電磁石により行われるため、応答性が高く、高精度な位置決めが可能となる。また、エアの供給が一定で良いため、エアを供給する機械系や制御系の設計が簡略化できるため、ステージ装置の軽量化・小型化やコストダウンを図ることができる。

【0049】＜実施形態4＞図6に本発明の第3実施形態のステージ基板を示す。ステージ基板1の裏面に備え

られた静圧軸受であるエアパッド(17~19)と電磁石(14~16)は前述の実施形態と同様であるので説明を省略する。また、ステージ基板1の側面に備えられた誘導モータまたは平面パルスモータについても前述の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0050】本実施形態のステージ基板の裏面にはステージ基板と定盤との垂直方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の間隙を測定するための間隙測定手段(30~32)が設けられている。これにより、ステージ基板と定盤との垂直方向の位置関係をより正確に測定できる。

【0051】本発明では面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の駆動に誘導モータ(10~13)を用いているため、定盤とステージ基板の間隙が変化すると、誘導モータの固定子とステージ基板に設けられた誘導モータの可動子との距離が変化し、モータの推力が変化してしまう。逆に、垂直方向の間隙が測定できるとステージ基板に加わる推力を求めることが可能になる。また、ステージの基準面内方向(X 、 Y 、 θ_z)の推力は誘導モータにより発生させているため、誘導モータを有するステージと固定子の役割を果たす定盤との位置関係を測定することで、ベクトル制御により目標推力指令値に対して誘導モータの発生推力を線形化できる。また、間隙の測定結果から誘導モータの発生推力の変動を推定し、誘導モータの推力指令値や予圧手段の予圧力を制御することもできる。さらに、測定結果に基づき定盤の振動成分を除去するように電磁石の電流を制御すれば、定盤の振動の影響を受けにくいステージ装置を構成できる。

【0052】＜実施形態5＞次に前述した実施形態のいずれかのステージ装置をレチクルステージまたはウエハステージとして搭載した走査型露光装置の実施形態を、図7を用いて説明する。

【0053】レチクルステージ73を支持するレチクルステージベース71Aは、露光装置のウエハステージ93を支持する定盤92に立設されたフレーム94と一体である。また、レチクルステージ73上のレチクルを経てウエハステージ93上のウエハWを露光する露光光は、破線で示す光源装置95から発生される。

【0054】フレーム94は、レチクルステージベース71Aを支持するとともにレチクルステージ73とウエハステージ93の間に投影光学系96を支持する。レチクルステージ73を加速および減速するリニアモータの固定子75がフレーム94と別体である支持枠90によって支持されているため、レチクルステージ73のモータの駆動力の反力がウエハステージ93に伝わってその駆動部の外乱となったり、あるいは投影光学系96を振動させるおそれはない。

【0055】なお、ウエハステージ93は、駆動部によってレチクルステージ73と同期して走査される。レチクルステージ73とウエハステージ93の走査中、両者の位置はそれぞれ干渉計97、98によって継続的に検

出され、レチクルステージ73とウエハステージ93の駆動部にそれぞれフィードバックされる。これによって両者の走査開始位置を正確に同期させるとともに、定速走査領域の走査速度を高精度で制御することができる。

【0056】＜実施形態6＞次に上述した露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。図8は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップS11（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップS12（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップS13（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いて基板であるウエハを製造する。ステップS14（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップS15（組立）は後工程と呼ばれ、ステップS14によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップS16（検査）ではステップS15で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップS17）される。

【0057】図9は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS21（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップS22（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS23（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS24（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップS25（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップS26（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップS27（現像）では露光したウエハを現像する。ステップS28（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS29（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことにより、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態の製造方法を用いれば、高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0058】

【発明の効果】請求項1の本発明のステージ装置によれば、ステージに複数の静圧軸受と予圧手段および駆動のため複数のガイドレスモータを備えたことにより、簡単な構成で、定盤の基準面に垂直方向（Z）と基準面内に軸を持つ回転方向（ θ_x 、 θ_y ）の駆動や位置決めを静圧軸受と予圧手段により行い、基準面内方向（X、Y、 θ_z ）の駆動や位置決めを誘導モータにより行うことがで

きる。

【0059】また、請求項2の発明によりステージをモノリシック構造とすることにより、ステージを一枚の基板で構成できるため、ステージ装置の剛性を高めることができ、高速、高精度な位置決めを行うことができる。また、ステージ装置の軽量化・小型化を図ることができる。

【0060】また、請求項5の発明のステージ装置では、ガイドレスモータに誘導モータを用い、請求項6の発明では、定盤は伝導性の層と、その下に磁性体の層を有し、また、請求項7の発明のステージ装置では、ガイドレスモータに平面パルスモータを用いている。これらの発明により、装置の小型化を図れると共に、エネルギー効率の良い、発熱の小さなステージ装置を構成できる。

【0061】請求項8の発明のステージ装置は垂直位置測定手段を備え、請求項9の発明のステージ装置は間隙測定手段を備えた。これにより、ステージの基準面に垂直方向の位置（Z）や基準面内に軸を持つ回転方向の角度（ θ_x 、 θ_y ）を測定でき、請求項15の発明により、ステージの位置決めを行うことができる。特に、請求項11や請求項12の発明は、静圧軸受の機械系や制御系の簡略化を図ることができ、ステージ装置の軽量化・小型化やコストダウンを図ることができる。

【0062】請求項13の発明のステージ装置は面内位置測定手段を備えた。これにより、ステージの基準面内方向の位置（X、Y）や角度（ θ_z ）を測定でき、請求項15の発明により、ステージの位置決めを行うことができる。

【0063】請求項16の発明により、測定結果からモータの発生推力の変動を推定し、モータの推力指令値や予圧手段の予圧力を制御することで、安定した推力を発生させ、高速、高精度な位置決めを行うことができる。

【0064】さらに、請求項17の発明の露光装置により、露光装置の軽量化・小型化を図ると共に、スループットの向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のステージ装置の概略図

【図2】第1実施形態のステージ基板の概略図

【図3】第1実施形態のステージ装置のサーボ系構成図

【図4】第2実施形態で使用する平面パルスモータの駆動原理説明図

【図5】第3実施形態のステージ装置のサーボ系構成図

【図6】第4実施形態のステージ基板の概略図

【図7】第5実施形態の露光装置の概略図

【図8】半導体デバイス製造方法のフロー図

【図9】ウエハプロセスのフロー図

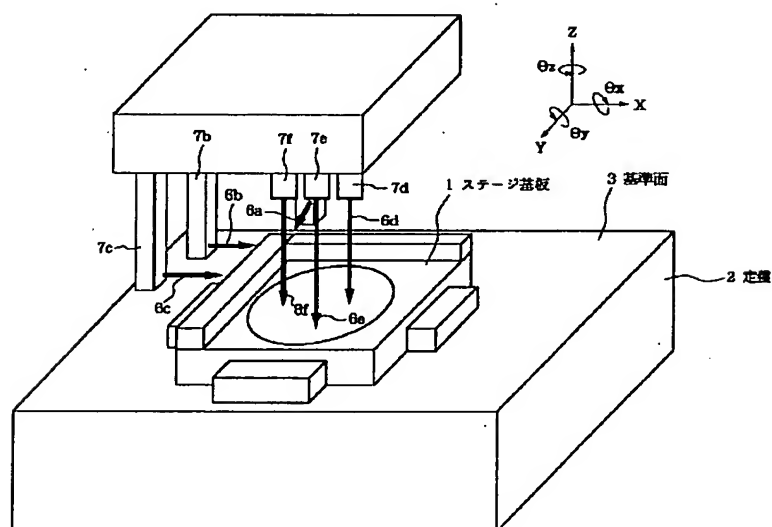
【図10】従来のステージ装置の概略図

【符号の説明】

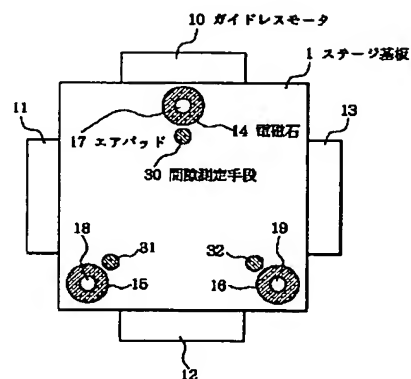
1 ステージ基板（ステージ）

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 2 定盤 | 42 固定ガイド |
| 3 基準面 | 43 Yステージ |
| 4 反射ミラー | 44 a～c エアパッド |
| 5 ウエハチャック | 45 Xステージ |
| 6 a～f 計測位置 | 46 Yリニアモータ |
| 7 a～f レーザ干渉計 | 48 チルトステージ |
| 8 固定歯 | 49 ミラー |
| 9 a 磁石 | 50 レーザ干渉計 |
| 9 b 可動歯 | 51 ステージ基板71 a: レチクルステージベース |
| 9 c コイル | 53 ウエハ |
| 10～13 ガイドレスモータ(誘導モータまたは平面パルスモータ)可動子 | 71 b リニアモータベース |
| 14～16 電磁石 | 73 レチクルステージ |
| 17～19 エアパッド(静圧軸受) | 90 支持枠 |
| 20 非干渉化補償器 | 92 定盤 |
| 27 非干渉化補償器 | 93 ウエハステージ |
| 30～32 間隙測定手段 | 94 フレーム |
| 41 定盤 | 95 光源装置 |

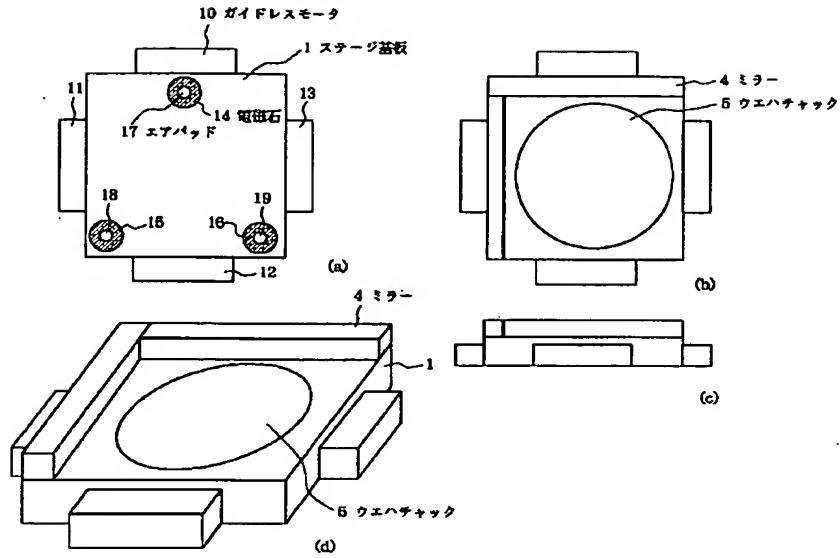
【図1】



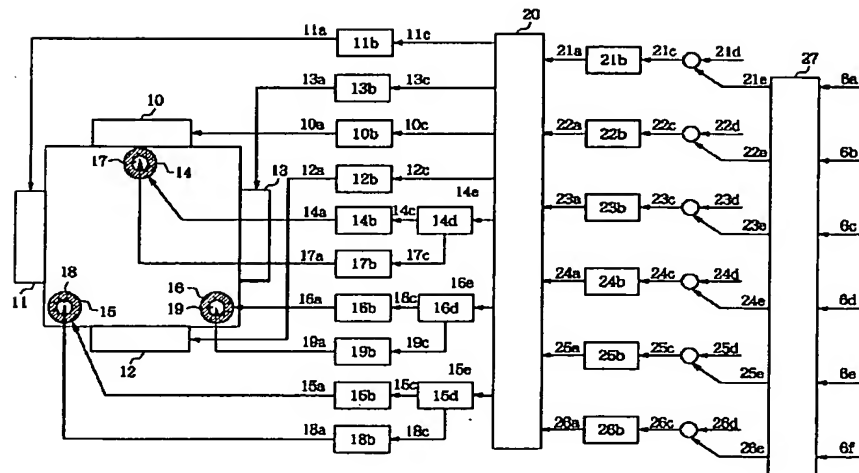
【図6】



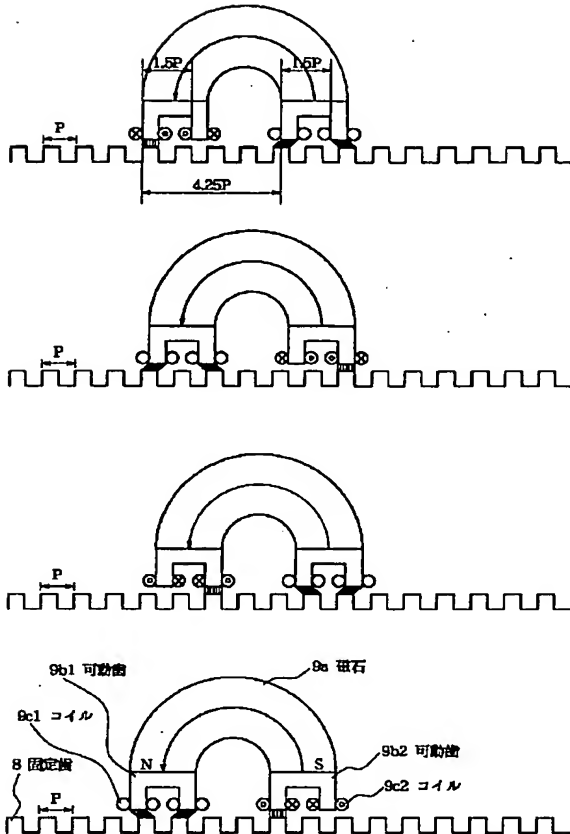
【図2】



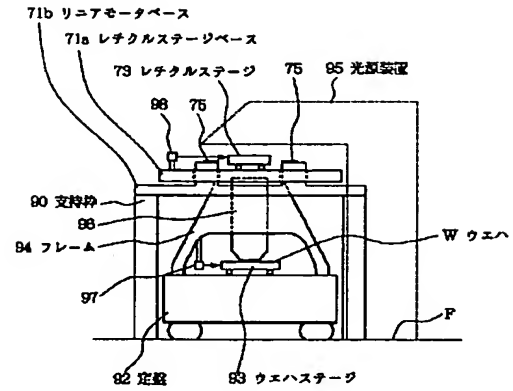
【図3】



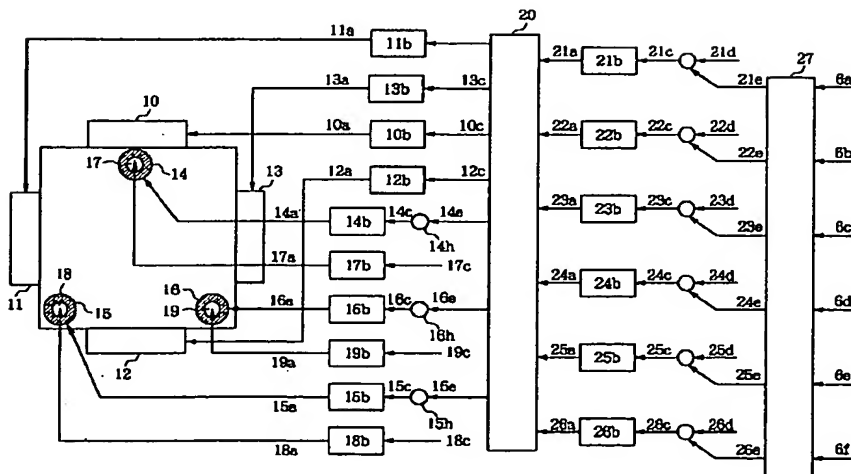
【図4】



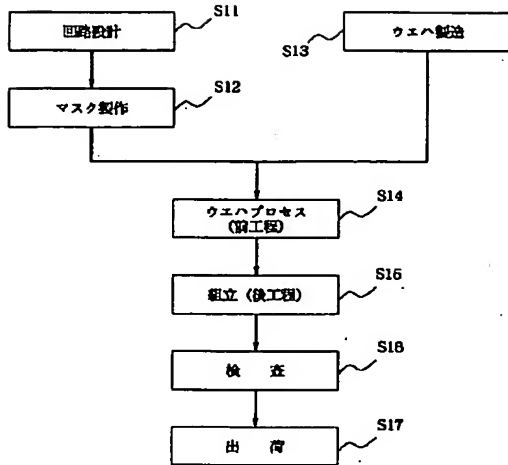
【図7】



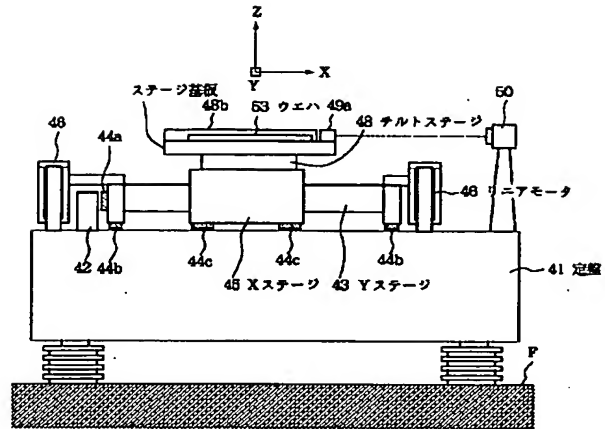
【図5】



【図8】



【図10】



【図9】

